

SISTEM PEMANTAUAN DAN KENDALI KUALITAS AIR BERBASIS ARDUINO CLOUD

Afif Muhammad Ikhsan¹, Irma Nirmala², Rahmi Hidayati³

^{1,2,3} Prodi Rekayasa Sistem Komputer, Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H.Jl. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, 78124

e-mail: 1afifmikhsan@gmail.com, 2irma.nirmala@siskom.untan.ac.id, 3rahmihidayati@siskom.untan.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 30 – Juli - 2024

Received in revised form : 31 – Juli - 2024

Accepted : 22 – Agustus - 2024

Available online : 1 – September - 2024

ABSTRACT

Fish farmers often face the problem of difficulty monitoring water quality from time to time. One method that can make it easier for fish farmers is to develop a system using the forward chaining method. This research aims to make it easier for fish farmers to monitor and control water quality automatically. This system can monitor and control automatically based on facts collected. Things to pay attention to in the system are the suitability level of temperature, pH, and turbidity in the water. The monitoring and control system using the forward chaining method functions 100% by the rules that have been fully implemented.

Keywords: Water Quality, Monitoring, Sensors, Accuracy, Arduino Cloud

1. PENDAHULUAN

Dalam upaya menjaga kualitas air di kolam ikan, diperlukan pemantauan terhadap berbagai faktor seperti aerasi, pencemaran kimia, kepadatan populasi ikan, suhu, pH, dan pemberian pakan yang berlebihan. Kualitas air yang buruk dapat mengakibatkan stres pada ikan, menurunkan sistem kekebalan tubuh, dan meningkatkan risiko penyakit. Selain itu, air yang tercemar juga dapat menghambat pertumbuhan dan reproduksi ikan serta mengganggu keseimbangan ekosistem kolam. Oleh karena itu, penting untuk memantau dan menjaga kualitas air kolam ikan secara teratur [1]. Perubahan kekeruhan air dapat mempengaruhi tingkat keasaman (pH) dalam kolam, yang idealnya harus berada dalam rentang 7 hingga 8 untuk mendukung kesehatan ikan nila. Suhu air juga berpengaruh besar terhadap ekosistem kolam, mempengaruhi pertumbuhan ikan. Selain itu, penting untuk memantau ketinggian air untuk memastikan kondisi kolam tetap optimal [2].

Sistem pakar dibuat untuk meniru pengetahuan dan keterampilan seorang ahli dalam suatu bidang tertentu. Tujuannya adalah untuk memberikan jawaban atau saran yang sesuai dengan yang diberikan oleh seorang pakar. Sistem pakar menggunakan pengetahuan yang telah dimodifikasi sebagai aturan atau basis pengetahuan untuk memecahkan masalah atau mengambil keputusan dalam bidang ilmu tertentu [3]. Salah satu cara penalaran yang sering digunakan dalam sistem pakar adalah *Forward Chaining*. Metode ini merupakan pendekatan dalam kecerdasan buatan yang umum diterapkan dalam sistem pakar, sistem aturan bisnis dan aturan produksi. Pendekatan ini dimulai dengan fakta-fakta yang telah diketahui, kemudian menerapkan aturan inferensi ke depan untuk mendapatkan informasi tambahan hingga mencapai tujuan yang diinginkan [4].

Pada penelitian terkait yang mengenai penerapan *Internet of Things* (IoT) dan sistem pakar untuk memantau kualitas air dan diagnosa penyakit pada tambak udang vaname, metode *forward chaining* diterapkan untuk mendiagnosa penyakit udang berdasarkan gejala yang terdeteksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi yang menggunakan metode ini dapat memantau kualitas air secara efektif, dengan akurasi mencapai 100% [5]. Penelitian lain tentang sistem pemantauan kualitas kekeruhan air menggunakan IoT. Menggunakan 30 sampel air dengan berbagai kondisi dan total uji sebanyak 90 kali

dengan konsep *waterflow*, hasil perhitungan menunjukkan bahwa modul beroperasi secara efisien dengan tingkat akurasi mencapai 96,67% [6].

Penelitian selanjutnya yaitu sistem kontrol dan pemantauan kualitas air kolam ikan air tawar dengan logika fuzzy. Sistem ini menerima hasil pembacaan sensor yang diproses menggunakan metode fuzzy di mikrokontroler. Sensor suhu yang digunakan adalah ds18b20 dengan kesalahan pembacaan rata-rata 0,95%. Sensor amonia yang dipakai adalah mq-135 dengan kesalahan pembacaan 0%. Metode fuzzy model Sugeno yang digunakan memiliki kesalahan rata-rata 3,92%. Sistem dapat melakukan komputasi fuzzy dalam waktu rata-rata 1,4 detik [7].

Berdasarkan penelitian terkait yang sudah dijelaskan, penelitian ini membuat sistem pemantauan dan kendali kualitas air berbasis Arduino Cloud. Sistem ini membaca kondisi sensor suhu, kekeruhan, dan pH serta memberikan *output* otomatis berdasarkan kasus yang diberikan. Diharapkan penelitian ini dapat membantu peternak ikan dalam budidaya ikan, khususnya ikan nila.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka adalah proses memeriksa dan mengevaluasi literatur yang relevan dengan topik penelitian atau studi tertentu. Tujuannya adalah untuk memahami apa yang telah diketahui dan ditulis tentang topik tersebut pada penelitian.

2.1. Arduino Cloud

Arduino Cloud adalah *platform online* yang membuat, menerapkan, dan memantau proyek IoT. Dengan *platform* ini, perangkat dapat diprogram, dikonfigurasi, dan dihubungkan ke perangkat, dan visualisasi *dashboard* dapat dibuat untuk memantau perangkat, mengontrol data secara jarak jauh, berbagi *update live* dengan layanan lain [8].

2.2. Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari pembuatan program hingga proses kompilasi dan pengunggahan. Terdapat juga terminal serial di dalam Arduino IDE, sehingga mempermudah pengguna dalam berkomunikasi melalui Usart/RS232 dengan komputer [9].

2.3. Sensor Turbidity

Untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air, sensor *turbidity* mengukur intensitas cahaya yang dipancarkan dan tersebar di dalamnya. Partikel atau zat yang terdapat di dalam air mempengaruhi transmisi dan penyebaran cahaya. Perubahan ini sebanding dengan jumlah *Total Suspended Solids* (TSS) yang ada di air [10].

2.4. Mikrokontroler ESP32

ESP32, dikembangkan oleh *Expressive Systems*, mikrokontroler ini memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya, termasuk lebih banyak *pin out* dan pin analog, serta kapasitas memori yang lebih besar. Selain itu, ESP32 dilengkapi dengan teknologi *low energy Bluetooth* 4.0, serta modul Wi-Fi yang terintegrasi dalam *chip prosesor dual-core*, yang dijalankan dengan instruksi Xtensa LX6, sehingga sangat mendukung untuk aplikasi IoT [11].

2.5. Relay 2 Channel

Modul relay merupakan jenis saklar magnet yang bertugas untuk mengontrol aliran listrik dengan memutus atau menghubungkannya. Cara kerja relay pada dasarnya mirip dengan kontaktor magnet, yang mengandalkan kemagnetan yang dihasilkan oleh kumparan koil [12].

2.6. Pompa Air

Fungsi dari pompa air adalah untuk menggerakkan air dari suatu tempat ke tempat lain dengan tekanan yang cukup tinggi, melalui prinsip kerja dasar di mana pompa menciptakan perbedaan tekanan yang mendorong air mengalir [13].

2.7. Sensor pH

Sensor pH merupakan alat yang mampu mendeteksi tingkat keasaman (pH) air. Sensor ini bermanfaat untuk memantau dan memberi peringatan terhadap perubahan pH air, serta membantu dalam memantau pencemaran air. Secara fisik, sensor ini terdiri dari indikator daya LED, konektor BNC, dan antarmuka sensor pH V1.1 [14].

2.8. Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sebuah perangkat yang dapat mengubah perubahan suhu lingkungan menjadi sinyal listrik. Perangkat ini berinteraksi dengan mikrokontroler melalui sensor digital yang menggunakan satu kabel. Sensor suhu DS18B20 menggunakan protokol komunikasi 1-wire untuk pembacaan suhu. Tingkat ketelitian sensor ini dapat mencapai 9-12 bit [15].

2.9. Servo SG90

Servo SG90 adalah sebuah aktuator putar yang menggunakan sistem kontrol umpan balik *loop* tertutup, yang dikenal sebagai servo, yang didesain untuk mengatur dan memastikan sudut-sudut pada poros *output* motornya. Servo terdiri dari motor DC, serangkaian gigi, kontroler, dan potensiometer. Motor DC pada dasarnya dilengkapi dengan kontroler dan sensor posisi, memungkinkan pergerakan pada sudut-sudut tertentu seperti 0°, 90°, 180°, atau 360° [16].

2.10. Heater

Heater adalah perangkat pemanas untuk meningkatkan suhu air dalam akuarium. Prinsip operasi radiator melibatkan konversi energi listrik menjadi energi panas. Di dalam heater akuarium ini, komponen pemanas dilindungi secara kuat oleh lapisan kaca untuk mencegah korsleting listrik dari kontak dengan air [17].

2.11. EM4 Perikanan

Probiotik EM4 (*Effective Microorganisms 4*) terdiri dari kultur campuran mikroorganisme yang difermentasi, termasuk bakteri asam laktat (*Lactobacillus casei*) dan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*). Penggunaan probiotik dalam pakan ikan dapat meningkatkan efisiensi konversi pakan, memberikan manfaat positif bagi ikan dan lingkungan akuatik [18].

2.12. Galat

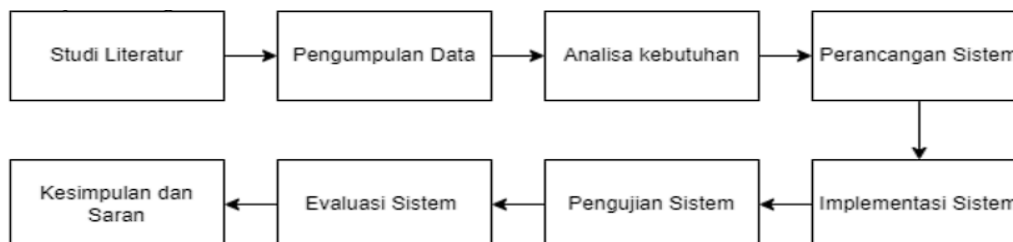
Galat adalah perbedaan antara hasil pengukuran eksperimental dengan nilai yang diterima. Ini menunjukkan seberapa besar penyimpangan atau ketidaksesuaian yang ada antara hasil pengukuran yang dilakukan secara praktis dengan nilai yang diterima sebagai standar. Galat relatif suatu pengukuran adalah hasil pembagian galat absolut dengan nilai eksak. Akurasi menunjukkan seberapa dekat nilai pengukuran tersebut dengan nilai yang sebenarnya [19].

2.13. Forward Chaining

Forward chaining merupakan teknik penelusuran maju yang dimulai dengan informasi yang ada dan menggabungkan rule untuk mencapai suatu kesimpulan atau tujuan. Metode ini merupakan suatu pendekatan dari mesin inferensi yang memulai penalaran dari fakta-fakta yang diketahui menuju kesimpulan yang diinginkan [20].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan sistem ini melalui beberapa tahapan untuk yaitu studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian sistem, dan kesimpulan serta saran. Tahapan-tahapan tersebut terancang didalam diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3.1. Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi terhadap studi sebelumnya dan mencari informasi faktual dan teoritis yang relevan bagi penelitian ini. Proses ini melibatkan membaca literatur berupa jurnal dan artikel yang telah terkumpul yang memiliki hubungan dengan topik penelitian dan mengambil kesimpulan dari para pakar ikan nila terkait perawatan kualitas air.

3.2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan metode observasi untuk mengamati nilai bacaan sensor dan *output* saat diberikan kondisi tertentu. Data yang dikumpulkan merupakan berupa nilai bacaan dari sensor suhu, kekeruhan, dan pH air serta *output* yang diberikan dari sistem. Menurut pakar yaitu Bapak Suroso (Penanggung jawab lahan budidaya ikan Anjongan), Suhu yang ideal untuk nila yaitu 25-33°C dan pH 6.5-8, kondisi kekeruhan dan pH air bisa dipengaruhi oleh sisa kotoran, jika suhu dibawah 25°C maka bisa menggunakan *heater*. Sedangkan menurut Suyanto (2010), mengatakan bahwa ikan nila dapat hidup pada kisaran pH 6.00-8.50 dan suhu 25-33°C. Menurut Sunarso (2008), pH air yang optimal untuk habitat ikan nila antara 6.5-8.5 dan kekeruhan air yang dianjurkan maksimum 50 NTU.

3.3. Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan pada sistem. Analisis yang dilakukan dalam pembuatan sistem meliputi analisis terhadap kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak.

2.4.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Komponen perangkat keras yang digunakan dalam membangun sistem ini adalah sebagai berikut:

- a. ESP32
- b. Modul relay
- c. Pompa air
- d. Sensor pH
- e. Sensor suhu DS18B20
- f. Sensor turbidity
- g. Servo SG90
- h. Probiotik EM4

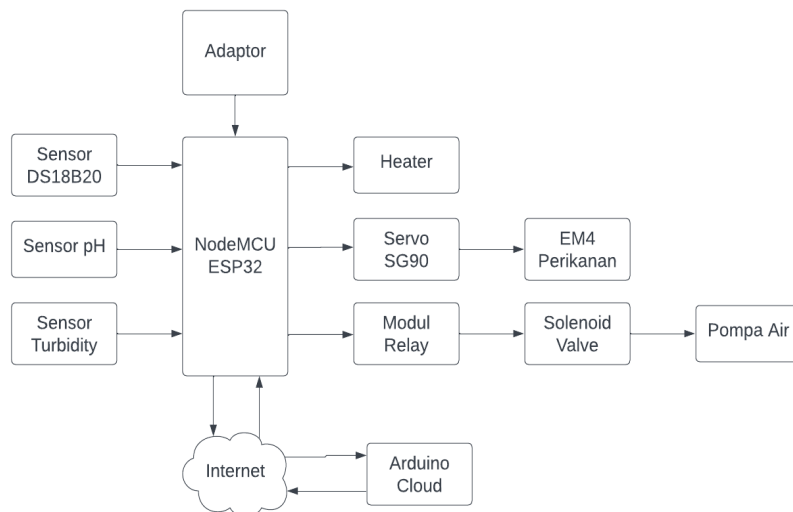
2.4.1 Kebutuhan Perangkat Lunak

- a. Arduino IDE
- b. Arduino Cloud
- c. Lucidchart

3.4. Perancangan Sistem

a. Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok, arus listrik dari adaptor terkoneksi dengan NodeMCU ESP32 yang berfungsi sebagai sistem pusat kendali dan mikrokontroler untuk mengolah data dari komponen pendukung lainnya. Sensor DS18B20 mendeteksi suhu pada air kolam, sensor pH mendeteksi pH air kolam, dan sensor turbidity mendeteksi tingkat kekeruhan air kolam. Modul relay berfungsi sebagai *switch on/off* untuk mengendalikan solenoid valve yang digunakan untuk menguras air kolam, serta pompa air untuk mengisi air pada kolam. Heater berfungsi sebagai pemanas air jika suhu terlalu dingin, dan servo SG90 menyalurkan EM4 ke air kolam. Semua data sensor dipantau secara *real-time* melalui Arduino Cloud. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 2.

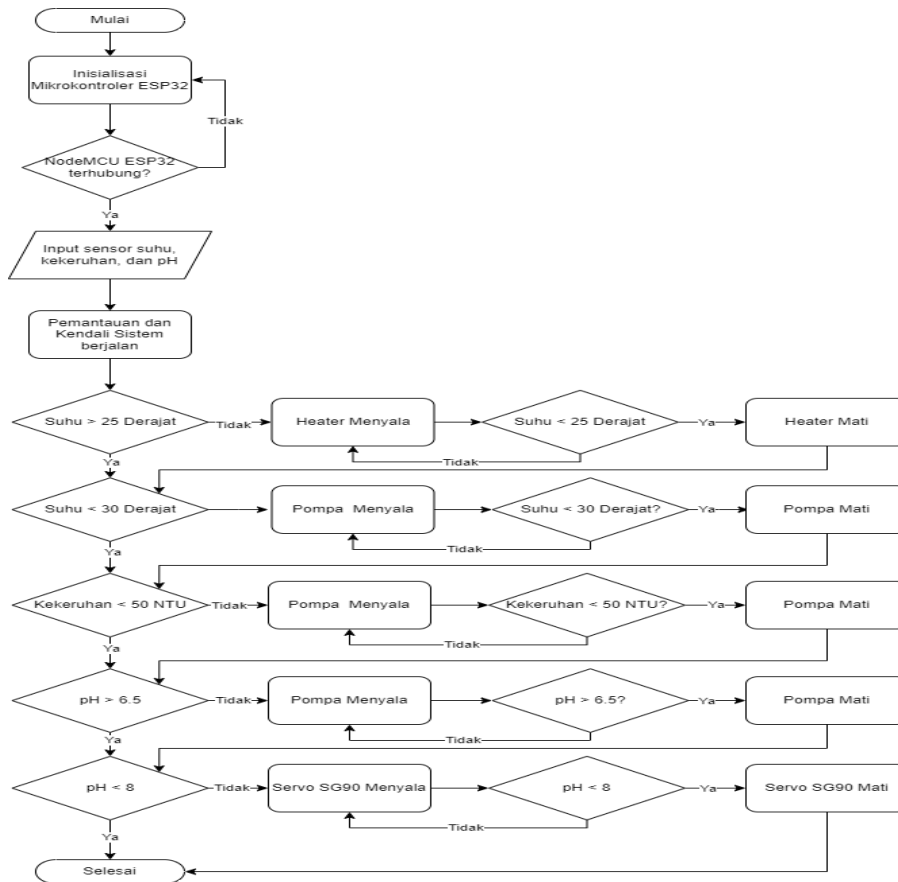


Gambar 2. Diagram Blok Sistem

b. Diagram Alir Sistem

Proses dimulai dengan inisialisasi mikrokontroler ESP32. Setelah itu, sistem memeriksa apakah NodeMCU ESP32 terhubung. Jika terhubung, sistem akan melakukan input data dari sensor suhu, kekeruhan, dan pH. Data ini digunakan untuk pemantauan dan kendali sistem secara berkelanjutan. Jika suhu air kurang dari 25 derajat Celsius, heater akan menyala, namun jika suhu lebih dari 25 derajat Celsius, heater akan mati. Apabila suhu air lebih dari 30 derajat Celsius, pompa akan menyala untuk menguras dan mengisi air baru, tetapi jika suhu kurang dari 30 derajat Celsius, pompa akan mati. Tingkat kekeruhan air juga dipantau, jika kekeruhan lebih dari 50 NTU, pompa akan menyala, namun jika lebih dari 50 NTU, pompa akan mati. Sistem juga memeriksa pH air, jika pH kurang dari 6,5, pompa akan menyala, namun jika lebih dari 6,5, pompa akan

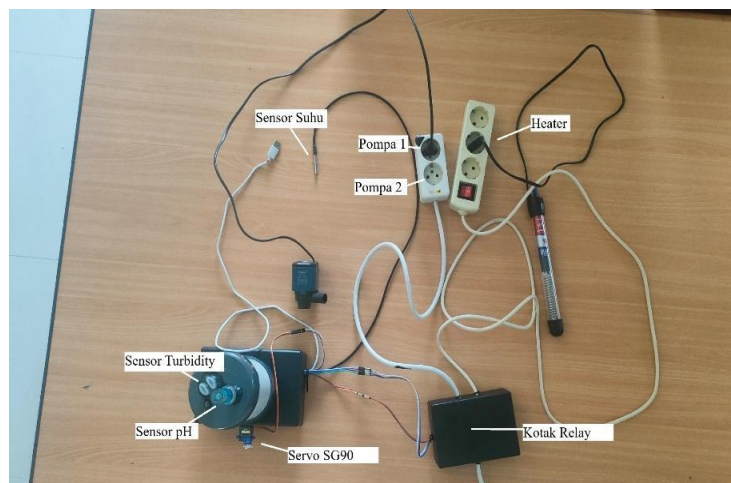
mati. Jika pH lebih dari 8, servo SG90 akan menyala untuk menyalurkan EM4 ke air kolam, tetapi jika pH kurang dari 8, servo SG90 akan mati. Proses ini terus berulang untuk memastikan kondisi air kolam tetap optimal. Diagram alir sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem

3.5. Implementasi Sistem

Pada tahap ini, dilakukan implementasi dari perancangan sistem yang telah disusun sebelumnya. Semua komponen perangkat diintegrasikan menjadi satu kesatuan sistem sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Selanjutnya, program dibuat dan diunggah ke perangkat keras agar sistem dapat berfungsi sesuai dengan hasil yang diinginkan. Implementasi Sistem dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Implementasi Sistem

3.6. Pengujian Sistem

Pengujian sistem bertujuan untuk memastikan sistem yang dibangun dapat berfungsi sesuai dengan yang dirancang. Tahap ini meliputi pengujian kinerja sistem berdasarkan pengujian sensor suhu, sensor kekeruhan, dan sensor pH untuk memastikan akurasi dan konsistensi dalam pemantauan parameter lingkungan. Selain itu, pengujian aturan *forward chaining* dilakukan untuk memverifikasi logika inferensi dalam sistem, yang bertujuan untuk menghasilkan keputusan yang tepat berdasarkan data sensor. Pengujian sistem keseluruhan dilakukan untuk menilai integrasi semua komponen dan memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik sebagai satu kesatuan yang utuh dan dapat diandalkan dalam lingkungan operasional yang sesungguhnya.

3.7. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini adalah bagian akhir penjelasan secara menyeluruh dari sistem yang telah dibangun. Pada tahap ini dapat ditarik kesimpulan berdasarkan penelitian dan pengujian pada sistem yang sudah dilakukan. Saran untuk pengembangan penelitian berikutnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian

Pengujian sistem bertujuan untuk memastikan sistem yang dibangun dapat berfungsi sesuai dengan yang dirancang. Pengujian meliputi sensor suhu, sensor kekeruhan, sensor pH, aturan *forward chaining*, sistem keseluruhan. Pengujian sensor dilakukan agar mengetahui range yang dapat dibaca sensor. Untuk pengujian sensor suhu menggunakan sensor DS18B20 dan HTC2. Satuan yang digunakan pada pengujian sensor suhu yaitu Celcius. Hasil yang didapatkan dari pengujian ini memiliki nilai rata-rata galat absolut (selisih) sebesar 0,22°C, kemudian nilai rata-rata dari galat relatif adalah sebesar 1,02%, dan memiliki nilai rata-rata akurasi sebesar 98,98%. Nilai hasil pengujian sensor suhu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Suhu

No	Sensor DS18B20 (°C)	HTC2 (°C)	Galat Absolut (°C)	Galat Relatif (%)	Akurasi (%)
1	30,5	30,6	0,1	0,33	99,67
2	28,4	28,2	0,2	0,71	99,29
3	27,5	27,7	0,2	0,72	99,28
4	24	23,8	0,2	0,84	99,16
5	23,6	23,5	0,1	0,43	99,57
6	22,9	22,4	0,5	2,23	97,77
7	22,4	22,3	0,1	0,45	99,55
8	22,2	22,2	0	0	100,00
9	19,5	19,7	0,2	1,02	98,98
10	17,9	17,3	0,6	3,47	96,53
Nilai rata-rata			0,22	1,02	98,98

Selanjutnya pengujian sensor kekeruhan, Pengujian sensor kekeruhan menggunakan sensor turbidity, turbidity meter, dan tiga buah gelas berisi air tanah, air kopi, dan air PDAM sebagai sampel. Satuan yang digunakan pada pengujian sensor kekeruhan yaitu NTU. Hasil yang didapatkan dari pengujian sensor kekeruhan dengan menggunakan sampel berupa air tanah yaitu memiliki nilai rata-rata galat absolut (selisih) sebesar 0,18, nilai rata-rata galat relatif sebesar 1,77%, dan nilai rata-rata akurasi adalah sebesar 98,23%. Nilai hasil pengujian sensor kekeruhan menggunakan sampel air tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan – Air Tanah

No	Sensor Turbidity	Turbidity Meter	Galat Absolut	Galat Relatif (%)	Akurasi (%)
1	12,21	12,1	0,11	0,91	99,09
2	12,97	12,2	0,77	6,31	93,69
3	13,12	13,1	0,02	0,15	99,85
4	13,3	13,4	0,1	0,75	99,25
5	13,5	13,4	0,1	0,75	99,25
Nilai rata-rata			0,18	1,77	98,23

Selanjutnya pengujian sensor kekeruhan dengan menggunakan sampel air kopi. Hasil yang didapatkan dari pengujian sensor kekeruhan dengan menggunakan sampel berupa air kopi yaitu memiliki nilai rata-rata galat absolut (selisih) sebesar 1,20, nilai rata-rata galat relatif sebesar 2,11%, dan nilai rata-rata akurasi adalah sebesar 97,89%. Nilai hasil pengujian sensor kekeruhan menggunakan sampel air kopi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan – Air Kopi

No	Sensor <i>Turbidity</i>	<i>Turbidity</i> Meter	Galat Absolut	Galat Relatif (%)	Akurasi (%)
1	55,53	57,2	1,67	1,67	97,08%
2	57,65	57	0,65	0,65	98,86%
3	55,36	56,9	1,54	1,54	97,29%
4	55	56,7	1,7	1,7	97,00%
5	57,65	57,2	0,45	0,45	99,21%
Nilai rata-rata			1,20	2,11	97,82%

Selanjutnya pengujian sensor kekeruhan dengan menggunakan sampel air PDAM. Hasil yang didapatkan dari pengujian sensor kekeruhan dengan menggunakan sampel berupa air PDAM yaitu memiliki nilai rata-rata galat absolut (selisih) sebesar 0,018, nilai rata-rata galat relatif sebesar 1,98%, dan nilai rata-rata akurasi adalah sebesar 98,02%. Nilai hasil pengujian sensor kekeruhan menggunakan sampel air PDAM dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan – Air PDAM

No	Sensor <i>Turbidity</i>	<i>Turbidity</i> Meter	Galat Absolut	Galat Relatif (%)	Akurasi (%)
1	55,53	57,2	1,67	1,67	97,08%
2	57,65	57	0,65	0,65	98,86%
3	55,36	56,9	1,54	1,54	97,29%
4	55	56,7	1,7	1,7	97,00%
5	57,65	57,2	0,45	0,45	99,21%
Nilai rata-rata			1,20	2,11	97,82%

Selanjutnya yaitu pengujian sensor pH. Pengujian sensor pH dilakukan dengan pengambilan data pH sebanyak 10 kali, dari sensor pH dan pH Meter. Hasil yang didapatkan dari pengujian ini memiliki nilai rata-rata galat absolut (selisih) sebesar 0,11, kemudian nilai rata-rata dari galat relatif adalah sebesar 2,17%, dan memiliki nilai rata-rata akurasi sebesar 97,83%. Nilai hasil pengujian sensor pH dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor pH

No	Sensor pH	<i>pH Meter</i>	Galat Absolut	Galat Relatif (%)	Akurasi (%)
1	3	3,1	0,1	3,23	96,77
2	3,4	3,6	0,2	5,56	94,44
3	3,5	3,6	0,1	2,78	97,22
4	4,9	4,9	0	0,00	100,00
5	6	6,1	0,1	1,64	98,36
6	6,2	6,3	0,1	1,59	98,41
7	7	7,2	0,2	2,78	97,22
8	7	7,1	0,1	1,41	98,59
9	7,2	7,3	0,1	1,37	98,63
10	7,3	7,4	0,1	1,35	98,65
Nilai rata-rata			0,11	2,17	97,83

Pengujian aturan *forward chaining* bertujuan untuk membuktikan bahwa seluruh aturan sudah sesuai dengan perancangan agar sistem dapat bekerja secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel air yang disediakan sebagai objek eksperimen. Pengujian dilakukan sebanyak 18 kali untuk membuktikan ke 18 aturan bekerja sesuai dengan rancangan. Berdasarkan hasil dari pengujian aturan *forward chaining*, seluruh aturan *forward chaining* bekerja sesuai dengan sistem. Hasil pengujian rules *forward chaining* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Rules *Forward Chaining*

No	Rule	Variabel			Kondisi Air	Aktuator	Keterangan
		Suhu	pH	Kekeruhan			
1	1	26,1°C	7,2	37	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif	Sesuai
2	2	36,4°C	7,1	34	Suhu Air Tinggi	Pompa aktif	Sesuai
3	3	22,4°C	6,7	20	Suhu Air Rendah	Heater aktif	Sesuai
4	4	27°C	8,1	27	pH Tinggi	Servo aktif	Sesuai
5	5	26,1°C	4,6	44	pH Rendah	Pompa aktif	Sesuai
6	6	26,1°C	7,2	52	Kekeruhan Tinggi	Pompa aktif	Sesuai
7	7	33,4°C	8,2	41	Suhu Air Tinggi dan pH Tinggi	Pompa aktif	Sesuai
8	8	35,8°C	5,7	39	Suhu Air Tinggi dan pH Rendah	Pompa aktif	Sesuai
9	9	19,7°C	8,5	27	Suhu Air Rendah dan pH Tinggi	Heater dan Servo aktif	Sesuai
10	10	24,1°C	4,1	38	Suhu Air Rendah dan pH Rendah	Heater dan Pompa aktif	Sesuai
11	11	34,3°C	6,6	55	Suhu Air Tinggi dan Kekeruhan Tinggi	Pompa aktif	Sesuai
13	13	27°C	8,1	53	pH Tinggi dan Kekeruhan Tinggi	Servo dan Pompa aktif	Sesuai
14	14	28,2°C	5,4	56	pH Rendah dan Kekeruhan Tinggi	Pompa aktif	Sesuai
15	15	33,7°C	8,3	57	Suhu Air Tinggi, pH Tinggi, dan Kekeruhan Tinggi	Servo dan Pompa aktif	Sesuai
16	16	38,2°C	6,3	58	Suhu Air Tinggi, pH Rendah, dan Kekeruhan Tinggi	Pompa aktif	Sesuai
17	17	23,6°C	8,7	53	Suhu Air Rendah, pH Tinggi, dan Kekeruhan Tinggi	Heater, Servo, dan Pompa aktif	Sesuai
18	18	22,1°C	4,3	56	Suhu Air Rendah, pH Rendah, dan Kekeruhan Tinggi	Heater dan Pompa aktif	Sesuai

Pengujian sistem keseluruhan menggunakan metode *Forward Chaining* bertujuan untuk mengendalikan kualitas air secara otomatis berdasarkan fakta-fakta menurut pakar yang sudah diterapkan ke dalam sistem ESP32. Sensor yang digunakan pada pengujian sistem keseluruhan yaitu sensor suhu DS18B20, sensor pH, dan sensor Turbidity. Pengujian dilakukan selama 24 jam, dimulai dari jam 06.00 WIB sampai dengan jam 06.00 WIB di hari kedua. Berdasarkan pengujian sistem keseluruhan, didapatkan beberapa kondisi yaitu air dalam keadaan normal, kekeruhan tinggi, dan suhu air tinggi. Kondisi aktuator sudah bekerja 100% sesuai dengan aturan *forward chaining*. Hasil pengujian sistem keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

No	Jam	Suhu	pH	Kekeruhan	Kondisi Air	Kondisi Aktuator
1	6:00	24,1°C	7,17	39	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif

2	7:00	27,2°C	7,06	42,2	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
3	8:00	27,5°C	7,07	52,1	Kekeruhan Tinggi	Pompa Air menyala
4	9:00	29,3°C	7,13	38,3	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
5	10:00	28,3°C	7,08	37,8	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
6	11:00	29,8°C	6,4	36,5	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
7	12:00	28,6°C	6,83	39,1	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
8	13:00	30°C	7,33	49,8	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
9	14:00	33,1°C	6,8	45,3	Suhu Air Tinggi	Pompa Air menyala
10	15:00	29°C	6,89	44,7	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
11	16:00	27,6°C	7,85	42,2	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
12	17:00	28°C	7,14	43,1	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
13	18:00	27,3°C	7,62	48,5	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
14	19:00	26,1°C	7,53	45,6	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
15	20:00	24°C	7,01	46,1	Suhu Air Rendah	Heater menyala
16	21:00	25,1°C	6,98	37,2	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
17	22:00	25°C	6,89	43,4	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
18	23:00	26°C	7,6	49,8	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
19	0:00	25,4°C	7,34	46	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
20	1:00	25°C	6,64	43,4	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
21	2:00	25,2°C	7,68	46,1	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
22	3:00	23,9°C	7,7	44,7	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
23	4:00	26°C	7,32	45	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
24	5:00	26,7°C	7,65	48,4	Air Keadaan Normal	Tidak ada aktuator yang aktif
25	6:00	25°C	7,8	52	Kekeruhan Tinggi	Pompa Air menyala

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sistem pemantauan dan kendali kualitas air berbasis Arduino Cloud dapat mempermudah perawatan kualitas air. Sistem ini beroperasi berdasarkan fakta-fakta yang telah dikumpulkan melalui basis pengetahuan yang diperoleh dari pakar, sehingga mampu mengambil keputusan yang tepat dan efisien dalam menjaga kualitas air. Selama pengujian kendali otomatis menggunakan metode *Forward Chaining* selama 1 hari dengan 25 data, hasil yang diperoleh menunjukkan nilai akurasi sensor suhu sebesar 99,06%, sensor pH sebesar 97,91%, dan sensor kekeruhan sebesar 98,51%. Selain itu, pengujian terhadap aturan *forward chaining* menunjukkan bahwa sistem ini bekerja sesuai dengan rules yang telah dibuat, menandakan bahwa semua aturan dan logika yang diimplementasikan dalam sistem berjalan dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Atillah and S. Gischa, "Kompas," 18 11 2023. [Online]. Available: <https://www.kompas.com/skola/read/2023/11/18/040000969/mengenal-kualitas-air-dalam-budidaya-ikan-?page=all>.
- [2] S. Muhammad and A. Muhammad, "Rancang Bangun Monitoring Sirkulasi Air pada Kolam Ikan Nila Berbasis Arduino," *JURNAL NASIONAL INFORMATIKA DAN TEKNOLOGI JARINGAN*, p. 278, 2021.
- [3] Anisa Maulida, Arisky Rahmatulloh, Irwan Ahussalim, Robby Alvian Jaya Mulia, Perani Rosyani.
- [4] K. Solecha, J. H. E. Badri and A. Haidir, "Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Kerusakan Komputer Dengan Metode Forward Chaining," *Jurnal Infortech*, p. 165, 2021.
- [5] K. A. Harianto, R. Adipranata and L. W. Santoso, "PENERAPAN IOT DAN SISTEM PAKAR UNTUK MEMONITORING KUALITAS AIR DAN MENDIAGNOSA PENYAKIT PADA TAMBAK UDANG VANAME," *Jurnal Infra*, Vols. Vol 9, No 2, 2021.
- [6] T. Rikanto and A. Witanti, "Sistem Monitoring Kualitas Kekeruhan Air Berbasis Internet Of Thing," *JURNAL FASILKOM*, 2021.

- [7] Y. N. Kristiantya, E. Setiawan and B. H. Prasetio, "Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2022.
- [8] Arduino, "Arduino Cloud," 2024. [Online]. Available: <https://docs.arduino.cc/arduino-cloud/>.
- [9] Dedi Setiawan, Hendra Jaya, Saiful Nurarif, Trinanda Syahputra, Muhammad Syahril Syafnur, "IMPLEMENTASI ESP32-CAM DAN BLYNK PADA WIFI DOOR LOCK," *Journal of Science and Social Research*, vol. 5, no. 1, pp. 159-164, 2022.
- [10] Sudirman Melangi, Muhammad Asri, Stephan A. Hulukati, "Sistem Monitoring Informasi Kualitas dan Kekeruhan Air Tambak Berbasis Internet of Things," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 77-82, 2022.
- [11] Putu Ardi WahyuWidyatmika, Ni Putu Ayu Widyanata Indrawati, Wayan Wahyu AdiPrastya, I KetutDarminta, I Gde Nyoman Sangka, Anak Agung Ngurah Gde Saptaka, "Perbandingan Kinerja Arduino Unodan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan," *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, vol. 13, p. 37, 2021.
- [12] Noverta Effendi, Witri Ramadhani, Fitri Farida, Muhammad Dimas, "Perancangan sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah berbasis IoT," *Jurnal Computer Science and Information Technology(CoSciTech)*, vol. 3, no. 2, pp. 91-98, 2022.
- [13] W. Engineering, "Winston Engineering," 2022. [Online]. Available: <https://www.winstonengineering.com/id/id/13-pompa-air-submersible>.
- [14] Dewi Ratna Wati, Walidatush Sholihah, "Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino," *MULTINETICS*, vol. 7, no. 1, pp. 12-20, 2021.
- [15] Muhammad Bagus Roudlotul Huda, Wahyu Dwi Kurniawan, "ANALISA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN SENSOR DS18B20 BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 02, pp. 18-23, 2022.
- [16] Giant Nanda Eka Putra, Lukman Nulhakim, "Otomatisasi Perangkap Tikus Menggunakan Sensor HC-SR04 Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Informatika STMIK Antar Bangsa*, vol. 9, no. 2, pp. 49-56, 2023.
- [17] I Komang Ardi Widiantara, Kadek Amerta Yasa, I Gusti Putu Mastawan Eka Putra, "Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu Air pada Akuarium," *Repository Politeknik Negeri Bali*, 2022.
- [18] Betzy Victor Telaumbanua, Putra Hidayat Telaumbanua, Natalia Kristiani Lase, Januari Dawolo, "PENGUNAAN PROBIOTIK EM4 PADA MEDIA BUDIDAYA IKAN: REVIEW," *TRITON Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, vol. 19, no. 1, pp. 36-42, 2023.
- [19] Douglas A. Skoog, Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, Cengage Learning, 2013.
- [20] D. Puspita, "Penerapan Metode Forward Chaining untuk Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Rabies Pada Manusia," *Sains, Aplikasi, Komputasi dan Teknologi Informasi*, vol. 3, no. 2, pp. 70-77, 2021.